

INTRODUCCIÓN DE LA BOCINA EN EL LAZO DE OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS DE REFLECTORES

D. Delgado, J. Teniente, C. Del-Río

Grupo de Antenas
Universidad Pública de Navarra
e-mail :
carlos@unavarra.es

L. de-Haro

Departamento de SSR.
Universidad Politécnica de Madrid
e-mail :
leandro@gr.ssr.upm.es

J.A. Martinez, A. G. Pino

Grupo de Antenas
Universidad de Vigo
e-mail :
agpino@com.uvigo.es

Abstract- In the design process of a complete antenna system based on reflectors, the feed real performance is usually included once the reflectors have been optimized with an ideal feed. In this paper, the proposal is to include the feed inside the optimization loop of the whole system, by means of a parametric definition of the feeder. To perform the optimization, the parametric feed will be considered as an additional surface, which receives some desired electric field that should be analyzed to properly modify the feed definition parameters in order to reduce the difference between the desired and the new generated field distribution over a planar surface nearby the focal point of the system. At the end of the optimization process, all the elements of the whole antenna system, reflectors and feed, will be totally defined and perfectly coupled.

I. INTRODUCCIÓN

Existen diferentes grupos de investigación y códigos comerciales [1-3] disponibles para analizar y optimizar la forma de las superficies de los reflectores y las posiciones de los alimentadores en un sistema de antenas. Todos ellos usan como parámetro de entrada el tipo de alimentación a usar en el proceso de optimización. Habitualmente, se utilizan distribuciones ideales de tipo gaussiano o cos-q, o datos reales de algún modelo particular de alimentador, y se consideran constantes durante todo el proceso de conformado y optimización de las superficies de los diferentes reflectores incluidos en el sistema de antenas.

La propuesta presentada en este artículo incluye el alimentador dentro del lazo de optimización donde un nivel de ganancia se fija como meta para cada punto de la superficie de los reflectores. Para hacer esto, consideraremos el alimentador como una superficie adicional a ser optimizada, pero en lugar de actuar cambiando la superficie misma, trataremos de identificar las principales características de la distribución deseada de campo y modificar los parámetros del alimentador de forma que se minimice la diferencia entre la distribución de campo deseada y la que finalmente se obtiene tras los cambios en el alimentador.

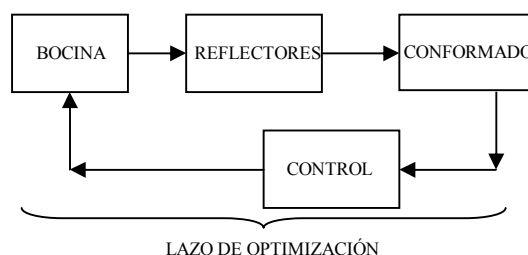


Fig. 1 Esquema del nuevo lazo de optimización que se propone. El bloque de la bocina genera un nuevo perfil cada iteración para adaptarse a los reflectores.

Se ha elegido una antena de bocina corrugada gaussiana (o GHPA: Gaussian Profiled Horn Antennas [4,5]) para definir el alimentador paramétrico, pero podrían usarse también otros tipos de antenas. La única restricción para seleccionar otro modelo de antena será la capacidad de modificar analíticamente las características de radiación a través del ajuste de un conjunto de parámetros geométricos. Una de las mayores ventajas de las GHPA es la adecuada combinación de ancho de banda con buena adaptación, niveles de lóbulos laterales, baja polarización cruzada, estabilidad del centro de fases, etc que esta clase de antenas presentan de manera intrínseca.

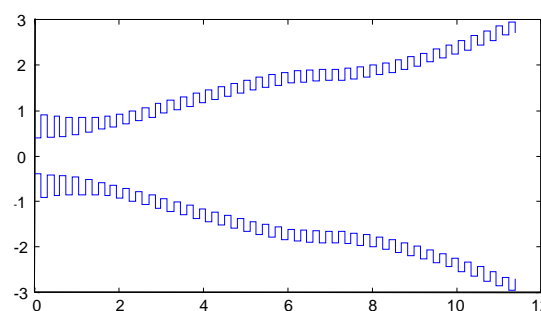


Fig. 2 Ejemplo de antena GHPA paramétrica usado en el lazo de optimización. Las dimensiones vienen expresadas en longitudes de onda.

Un plano, denominado Plano de Optimización del Alimentador (POA), se define cerca de la región focal, donde se planea colocar el alimentador. Considerando el POA como una superficie a ser optimizada, la distribución

de campo deseada será obtenida en el POA una vez por iteración del proceso de optimización. Este campo deseado deberá ser analizado y reconocido como algo similar a lo emitido por una antena de bocina. Después, los parámetros geométricos de la antena deben ser modificados para reducir la diferencia entre la distribución de campo deseada y la obtenida sobre el POA.

II. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Inicialmente se debe realizar una aproximación teórica para establecer el número de reflectores así como sus tamaños y las posiciones respectivas en el sistema.

Uno de las características más importantes a definir del alimentador es la directividad. La directividad puede ser especificada por la iluminación en un cierto ángulo de elevación o azimut, o directamente por la ganancia o la directividad en campo lejano. Si se utiliza un modelo analítico, pueden considerarse otras posibilidades como, por ejemplo, el parámetro q de una distribución de campo $\cos-q$.

En nuestro caso, debido a la forma particular del alimentador seleccionado, la GPHA, el tipo de iluminaciones posibles ofrecido por el alimentador serán muy similares a una distribución de campo gaussiana. La relación entre el haz gaussiano excitado y los parámetros geométricos de la bocina son bien conocidos [5]. Por todo ello, los parámetros a extraer de la distribución deseada de campo serán la posición y el beamwaist equivalente.

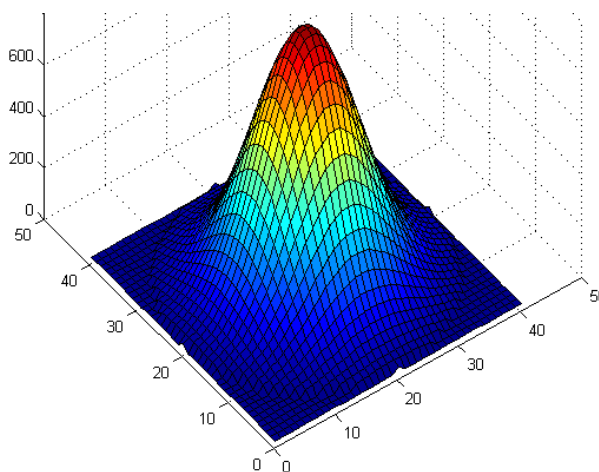


Fig.3 Representación de un modo gaussiano

El campo eléctrico en el POA será representado en amplitud y fase. Asumiremos que la distribución de campo sobre el POA, en el estado estacionario es similar a una distribución de campo gaussiana emitida por el alimentador. Entonces, aunque podríamos obtener distribuciones distorsionadas en las primeras iteraciones del proceso de optimización, siempre estaremos emitiendo un haz puramente gaussiano, con los parámetros que mejor ajustan aquellos extraídos del plano. En la figura 4, se comparan los parámetros obtenidos con el objetivo buscado mostrando una concordancia muy grande.

Para obtener los parámetros del haz, debería ser evaluada una integral paramétrica de correlación (comparando los campos deseados con distribuciones gaussianas de distintos parámetros), pero este proceso sería muy largo para incluirse en un bucle de optimización, por lo que se precisa de un método más sencillo.

De esta forma, para estimar la posición del centro de fases z_0 , es suficiente con evaluar, en un conjunto de puntos del POA, el radio equivalente de curvatura, $R(z_p)$, a través de la diferencia de fase entre estos puntos y el punto central. La ecuación que define el radio de curvatura de una distribución de campo gaussiana es:

$$R(z) = (z - z_0) \left[1 + \left(\frac{kw_0^2}{2(z - z_0)} \right)^2 \right] \quad (1)$$

donde w_0 es el beamwaist, es decir, la anchura mínima transversal y z_0 su posición. Si la distribución de campo coincide completamente con una distribución gaussiana, todas a las evaluaciones proporcionarán el mismo radio de curvatura, en otro caso se seleccionará aquel que presente un mayor parecido.

En la ecuación 1 aparecen 2 incógnitas, w_0 y z_0 , por lo que es necesario otra ecuación para resolver el problema. Entonces, usamos la anchura de haz $w(z_p)$, que puede ser obtenida comparando la amplitud muestreada de la distribución con respecto a un umbral normalizado ($1/e$) y modelando la matriz obtenida como un círculo de radio $w(z_p)$. Como en el caso del radio de curvatura, la anchura de haz es función de w_0 y z_0 :

$$w(z) = w_0 \sqrt{1 + \left(\frac{2(z - z_0)}{kw_0^2} \right)^2} \quad (2)$$

Combinando estos dos valores obtenidos, el radio de curvatura y el ancho de haz sobre el plano, $R(z_p)$ y $w(z_p)$, la posición y el tamaño del beamwaist, z_0 y w_0 , puede ser calculados.

En este punto disponemos de todos los datos para definir completamente una GPHA. De hecho solo el valor del beamwaist es necesario, porque la posición final del haz será muy dependiente del diseño particular de la bocina. Como resultado del diseño de la bocina, se puede obtener la posición del centro de fases dentro de la bocina, con lo que podemos usar esta información para recolocar la bocina con respecto al POA.

Existe una limitación intrínseca de las directividades realizables usando un alimentador gaussiano. Aunque el código es capaz de diseñar perfiles que oscilen entre 15 y 27 dB, lo que corresponde a beamwaists entre $0,7$ y $2,4 \lambda$, los perfiles en los extremos del rango pueden presentar desventajas importantes. Para directividades muy altas (extremo superior del rango y mayores), la antena de bocina corrugada se vuelve muy grande mientras que para

directividades menores, otras tecnologías de bocinas deben ser estudiadas para diseños más compactos.

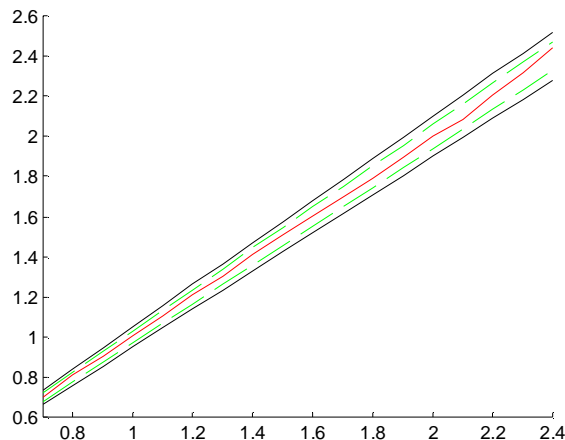


Fig 4.- Comparación entre el beamwaist deseado (eje horizontal) y el obtenido (eje vertical) mediante la modificación analítica de los parámetros geométricos de una GPHA. La línea discontinua indica un error del 3% y la línea continua externa el error del 5%. Los ejes indican medidas en longitudes de onda.

Puede ser conveniente añadir un código de control para asegurar la estabilidad del nuevo ciclo. Su tarea será limitar la variación de la bocina entre iteraciones sucesivas dentro de unos límites prefijados previamente de manera que siempre se llegue a un punto de equilibrio. Este nuevo código asegura la compatibilidad de los códigos actuales de optimización de reflectores (que suponen un alimentador fijo) con el nuevo sistema sin tener que modificarlos.

Este programa de control debe permitir distintos tipos de limitaciones como por ejemplo, mantener fijo el alimentador durante un cierto número de iteraciones (lo que puede ser conveniente al inicio para centrar el problema) y más adelante ir permitiendo variaciones cada vez mayores, con lo que la bocina se acopla a las necesidades de los reflectores y viceversa.

Al final de todo el proceso de optimización, se obtiene una perfil óptimo de bocina, con un gran acoplo con el resto del sistema.

III. CONCLUSIONES

En este artículo, se propone un nuevo proceso para incluir los parámetros de una antena gaussiana de bocina corrugada en el proceso de optimización de un sistema de antenas con reflectores.

REFERENCIAS

- [1] <http://www.gr.ssr.upm.es/sabor.htm>
- [2] http://ticra.wpsdemo.com/script/site/page.asp?artid=33&cat_id=30
- [3] J. A. Martínez, A. G. Pino, M. Arias, O. Rubiños, "ANDERA: A Software for the analysis and design of multi-fed and shaped reflector antennas", AP-S International Symposium and USNC/URSI National Radio Science Meeting, IEEE, Monterey CA.2004.
- [4] Teniente, J., Gonzalo, R. and Del Río, C., "Conical versus Gaussian Profiled Horn Antennas", 2002 IEEE AP-S International Symposium, San Antonio, Julio 2002.
- [5] Teniente, J., "Modern Corrugated Horn Antennas" Tesis doctoral publicada en la *Universidad Pública de Navarra*, Pamplona (España), Julio 2003